

三菱重工業 広島造船所 正会員 熊野哲幹
 〃 広島研究所 村田五雄
 〃 〃 宮本一正

1. まえがき

近年、我国の経済形態は、経済規模の拡大による港湾取扱貨物量の増大に伴ない、より能率的な物集別専門埠頭に移行しつつある。これらの埠頭計画に対して、流通コストの合理化のため、1バースのみを有する埠頭を対象とした最適設備能力の選定法が既に報告されている。ここでは、複数バースを有する物集別専門埠頭を対象として、シミュレーションを使用した、陸揚設備、岸壁後方設備の最適能力選定法について報告する。

2. 最適能力決定の理論的考察

埠頭における最適設備能力とは総コスト、ニマムの意味でいう。総コストは船舶コストと設備コストの和で与えられる。シミュレーションで所者のコストを求める時、2つの問題が生ずる。第1の問題は複数バースに接岸した船に対して、アンローダの配分をどうするかであり、第2の問題は貯留場の大きさを見つけることである。前者は最適制御問題に定式化し、幾何的考察により解を求め、後者は貯留場のストックの変動率がその入力と出力の差であることを用い方法を確立した。以下にその要点を示す。

2-1. n バースの時のアンローダの最適配置方式 (i は1から n までの値をとる。)

状態変数 $w^i(t)$; i バースにいる船の時刻 t における残荷量(トン)

制御変数 $u^i(t)$; i バースにいるアンローダの時刻 t における総荷おろし能力(トン/分)

1つのバースに入るアンローダの数の制限、およびアンローダの総台数が決まっていることにより、制御変数 $u^1, u^2, \dots, u^n$ には次の拘束条件が成立する。

$$0 \leq u^1 + \dots + u^n \leq C_1, \quad 0 \leq u^i \leq C_2 \quad (1)$$

ただし、 C_1 : アンローダの総台数、 C_2 : 1つのバースの許容アンローダ能力

$$\dot{w}^i = -u^i \quad (2)$$

である。以上の準備のもとでアンローダの最適配置問題は次のように定式化できる。

「初期条件 $w^i(t_0) = u_i^0$ 」

$$(3) \quad T_2$$

を満足する式(1)、(2)の解のクラスで、各解について

$$w^i(t_0 + T_1) = 0 \quad (4)$$

となる $T_1 (> 0)$ が存在する。そこで、評価関数 J

$$J = \alpha_1 \cdot T_1 + \dots + \alpha_n \cdot T_n \quad (5)$$

を最小とするような最適コントロール $\{u_1^*, \dots, u_n^*\}$ を決定せよ。

ただし α_i は i バースにいる船の単位時間あたりのコストを P_i とすると、 P_i / w_i^0 で与える。したがって、 J はトンあたりの船舶関係費の総和を示す。」

(2)を $[t_0, t_0 + T_1]$ で

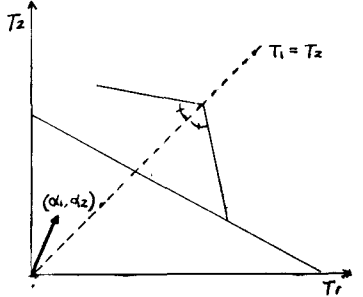


図-1 最適配置方式の幾何的考察

横分して(4)を考慮すると、変数 T_1 の線形計画法の問題に還元され、その様子を $n=2$ の場合について図-1に示す。図より明らかなように、最適解を特殊な端点でとり、その具体的な意味はどちらか一方にアンローダを可能な限り投入することである。また投入する優先度は α_i の大きさの順である。

2-2. 貯留場の大きさの決定方法

V : 貯留場の貯留量, $Q_{in}(t)$; 貯留場への流入量, $Q_{out}(t)$; 貯留場からの流出量

Q_{in} はシミュレーションにより決定される関数であり、 Q_{out} は生産管理等により与えられるものである。システムの微分方程式は次式で与えられる。

$$\dot{V} = Q_{in}(t) - Q_{out}(t) \quad (6)$$

Q_{in} 、 Q_{out} は周期 T の周期関数だから、 $[0, T]$ で(6)を初期値 $V(0) = 0$ で積分し、その値域の変動差を貯留場の必要最小限の大きさとする。

3. シミュレーションプログラムの説明と結果

最適能力選定シミュレーションプログラムは時間をベースにして、船の入出港、アンローダ・リクレーマの作業管理、貯蔵パイルの管理を行い、一定期間のシミュレーション時間経過後、経済計算を行って最適なアンローダ能力と貯蔵パイルの大きさを決定するものである。

コンピュータシミュレーションのため、システム(2)、(6)を離散時間化し、その単位を15分とする。本プログラムはFORTRANで作成し、その機能は大きく分けると6つある。

- ① 船の到着管理プログラム
- ② 悪天候発生プログラム
- ③ アンローダ管理プログラム
- ④ 時間管理プログラム
- ⑤ データ処理プログラム
- ⑥ I/Oプログラム

3-1. インプット

- ① 年間取扱量 ② バース数
- ③ 平均対象船舶 ④ 最大対象船舶
- ⑤ アンローダ基数 ⑥ 計算陸揚能力
- ⑦ 荷役効率 ⑧ 後方設備諸価格
- ⑨ /バースの許容アンローダ台数
- ⑩ アンローダの1日の作業時間
- ⑪ シミュレーション時間 ⑫ その他

3-2. アウトプット

- ① 処理された船の積載量、船費、入港時刻、出港時刻、荷役待ち・実費荷役・待岸・在港時間
- ② ①の月別の集計と1隻当りの平均値
- ③ バース占有率、サービス率、アンローダ稼働率
- ④ 経済計算による最適コスト

4. 結論

港湾荷役システム解析シミュレーションプログラムの一環として埠頭における解析をしたが、貯留場での荷役機械の最適配置についても検討中である。

[参考文献] 荷役機械の最適能力調査報告書(港湾荷役機械化協会)、その他

